

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-26384
(P2002-26384A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00

データベース* (参考)
C 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-203988 (P2000-203988)

(22) 出願日 平成12年7月5日 (2000.7.5)

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社
徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 楠瀬 健

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 豊田 達憲

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(74) 代理人 100074354

弁理士 豊栖 康弘 (外1名)

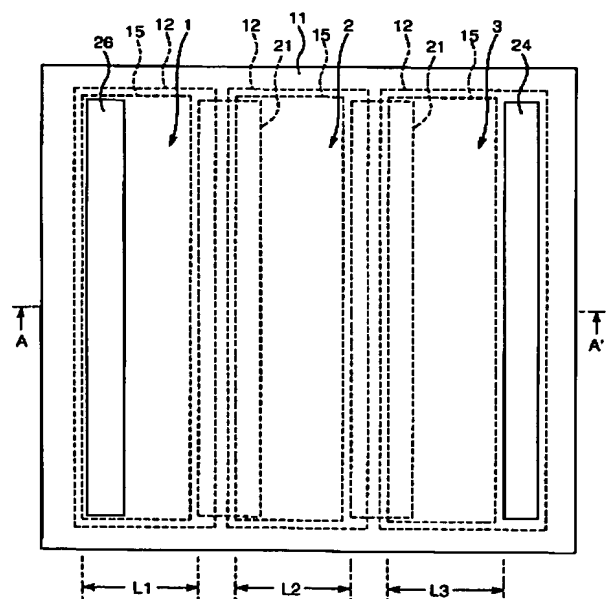
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 集積型窒化物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 大面積でかつ発光効率の良い集積型窒化物半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 基板上に複数の発光素子が並置されてなり、各発光素子は、基板上に形成されたn型窒化ガリウム系化合物半導体層が分離溝によって分離されてなる長方形のn層と、長方形のp型窒化ガリウム系化合物半導体が、その一方の長辺と2つの短辺とがそれぞれn層の一方の長辺と2つの短辺と近接するようにn層上に設けられて成るp層と、n層の他方の長辺とp層の他方の長辺との間のn層上に設けられ、p層の長辺と実質的に同一の長さを有するn側オーミック電極と、p層上のほぼ全面に形成されたpオーミック電極と、pオーミック電極上に、p層の一方の長辺に沿って設けられたpパッド電極とを備え、p層の一方の長辺とn側オーミック電極との間隔を250 μ m以下に設定した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に複数の発光素子が並置されてなり、

上記発光素子はそれぞれ、

上記基板上に形成されたn型窒化ガリウム系化合物半導体層が分離溝によって分離されてなる長方形のn層と、長方形のp型窒化ガリウム系化合物半導体が、その一方の長辺と2つの短辺とがそれぞれ上記n層の一方の長辺と2つの短辺と近接するように上記n層上に設けられて成るp層と、

上記各n層の他方の長辺と上記p層の他方の長辺との間のn層上に設けられ、上記p層の長辺と実質的に同一の長さを有するn側オーミック電極と、

上記p層上のほぼ全面に形成されたpオーミック電極と、

上記pオーミック電極上に、上記p層の一方の長辺に沿って設けられたpパッド電極とを備え、上記p層の一方の長辺と上記n側オーミック電極との間隔を $250\mu\text{m}$ 以下に設定したことを特徴とする集積型窒化物半導体発光素子。

【請求項2】 上記p層の一方の長辺と上記n側オーミック電極との間隔を $220\mu\text{m}$ 以下に設定した請求項1記載の集積型窒化物半導体発光素子

【請求項3】 上記複数の発光素子が直列に接続された請求項1又は2記載の集積型窒化物半導体発光素子。

【請求項4】 上記複数の発光素子が並列に接続された請求項1又は2記載の集積型窒化物半導体発光素子。

【請求項5】 上記基板は透光性を有し、上記各発光素子で発光された光を上記基板を介して出力する請求項1～4のうちのいずれか1項に記載の集積型窒化物半導体発光素子。

【請求項6】 上記n層は複数の窒化ガリウム系半導体層からなり、その複数の窒化ガリウム系半導体層のうちの少なくとも1つが $5.5\sim 7.2\times 10^{-3}\Omega\text{cm}$ の抵抗率と膜厚 $2\mu\text{m}$ 以上のn型層である請求項1～5のうちのいずれか1項に記載の集積型窒化物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は窒化物半導体素子、特に大面積の窒化物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、窒化ガリウム系化合物半導体を用いて構成された発光素子が、青色発光が可能に発光素子として種々の用途に使用されるようになってきている。この窒化ガリウム系化合物半導体を用いて構成された窒化物半導体発光素子は、通常、サファイア基板の上にn型窒化ガリウム系化合物半導体層、窒化ガリウム系化合物半導体活性層、p型窒化ガリウム系化合物半導体層が順次積層され、p側の層及び活性層の一部を除去して露

出させたn型窒化ガリウム系化合物半導体層上にn側オーミック電極が形成され、p型窒化ガリウム系化合物半導体層上にp側オーミック電極が形成されて構成される。

【0003】ここで、特に窒化物半導体発光素子では、p型窒化ガリウム系化合物半導体の抵抗が比較的高いために、p型窒化ガリウム系化合物半導体層のほぼ全面にp側のオーミック電極を形成することにより活性層全体に電流が注入されるように構成している。また、窒化物半導体発光素子では、上述のようにn型窒化ガリウム系化合物半導体層上の一部にn側の電極を形成する必要があるため、活性層全体に電流が注入されるようにn型窒化ガリウム系化合物半導体層の1つの隅部にn側のオーミック電極を形成し、その1つの隅部と対角を成すp側オーミック電極の他の隅部にp側のパッド電極を形成している。

【0004】すなわち、窒化物半導体発光素子では、絶縁性のサファイア基板を用いて構成されていること、及びp型窒化ガリウム系化合物半導体の抵抗値が比較的大きいという、例えば、GaAs系等の他の発光素子とは異なる事情があるために、p側オーミック電極をp型窒化ガリウム系半導体層のほぼ全面に設けかつn側のオーミック電極とp側のパッド電極を対角を成す位置に形成するという独特の構成により、活性層全体に電流が注入されるようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の構成（電極構成）は、1つの発光素子チップが、例えば、 $300\mu\text{m}\times 300\mu\text{m}$ 以下の大きさである場合には活性層にほぼ均一に電流を注入することができるが、 $300\mu\text{m}\times 300\mu\text{m}$ を越える大きになると活性層に注入される電流が不均一になるという問題点があり、上記構成を相似形で大きくすることによって大面積の発光素子を構成することはできなかった。そこで、大面積の窒化物半導体発光素子は、1つの基板上に、 $300\mu\text{m}\times 300\mu\text{m}$ 程度の発光素子を線形又はアレイ状に複数個配列することにより構成していた。しかしながら、発光素子を複数個配列してなる大面積の窒化物半導体発光素子は、隣接する発光素子間に、素子間を電氣的に分離するための溝を形成する必要があるために格子状に非発光部分が形成され、発光効率を向上させることが困難であるという問題点があった。

【0006】そこで、本発明は、大面積でかつ発光効率の良い集積型窒化物半導体発光素子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】以上の目的を達成するために、本発明に係る集積型窒化物半導体発光素子は、基板上に複数の発光素子が並置されてなり、上記発光素子はそれぞれ、上記基板上に形成されたn型窒化ガリウム

系化合物半導体層が分離溝によって分離されてなる長方形のn層と、長方形のp型窒化ガリウム系化合物半導体が、その一方の長辺と2つの短辺とがそれぞれ上記n層の一方の長辺と2つの短辺と近接するように上記n層上に設けられて成るp層と、上記各n層の他方の長辺と上記p層の他方の長辺との間のn層上に設けられ、上記p層の長辺と実質的に同一の長さを有するn側オーミック電極と、上記p層上のほぼ全面に形成されたpオーミック電極と、上記pオーミック電極上に、上記p層の一方の長辺に沿って設けられたpパッド電極とを備え、上記p層の一方の長辺と上記n側オーミック電極との間隔を $250\mu\text{m}$ 以下に設定したことを特徴とする。

【0008】以上のように構成された本発明に係る集積型窒化物半導体発光素子は、上記p層の一方の長辺と上記n側オーミック電極との間隔を $250\mu\text{m}$ 以下に設定しているので、各発光素子の活性層全体にほぼ均一に電流を注入することができ、均一に発光させることができるので、各発光素子における発光効率を良好にできる。また、本発明に係る集積型窒化物半導体発光素子においては、均一発光及び発光効率を劣化させることなく、各発光素子を一方向（長手方向）に十分長くすることができるので、発光面積を大きくできかつ発光効率を高くできる。

【0009】また、本発明に係る集積型窒化物半導体発光素子では、各発光素子においてより均一な発光を可能にしかつより発光効率を高くするために、上記p層の一方の長辺と上記n側オーミック電極との間隔を $220\mu\text{m}$ 以下に設定することがさらに好ましい。

【0010】また、本発明に係る集積型窒化物半導体発光素子では、上記複数の発光素子を直列に接続するように構成してもよい。

【0011】また、本発明に係る集積型窒化物半導体発光素子では、上記複数の発光素子を並列に接続するように構成してもよい。

【0012】さらに、上記基板として透光性を有する基板を用い、上記各発光素子で発光された光を上記基板を介して出力するように構成してもよい。

【0013】また、本発明に係る集積型窒化物半導体発光素子では、上記n層を複数の窒化ガリウム系半導体層で構成し、その複数の窒化ガリウム系半導体層のうちの少なくとも1つが $5.5\sim 7.2\times 10^{-3}\Omega\text{cm}$ の抵抗率と膜厚 $2\mu\text{m}$ 以上のn型層であることが好ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明に係る実施の形態の集積型窒化物半導体発光素子について説明する。

実施の形態1. 本実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子は、図1に示すように、例えば、 $1000\mu\text{m}\times 1000\mu\text{m}$ のサファイア基板11上に長方形の3つの発光素子1, 2, 3を互いに平行に配置しかつ、各発光

素子の幅をある一定の値以下に設定することにより各素子の活性層にそれぞれ均一に電流が流れるようにして、全体としての発光効率を向上させたことを特徴としている。

【0015】本実施の形態1の集積型窒化物半導体素子は、窒化ガリウム系化合物半導体の特有の構成において、本発明者らにより見出された次のような知見に基づいてなされたものである。すなわち、窒化ガリウム系化合物半導体を用いて構成された発光素子は、従来技術の欄において説明したように、n層上の一部にn側オーミック電極を形成し、そのn側オーミック電極に近接してn層上に活性層を介してp層を形成し、さらにそのp層の上のほぼ全面にp側オーミック電極を形成するという独特の構造を有する。このような独特の構成においては、n側オーミック電極から $250\mu\text{m}$ 以内の距離にある活性層に注入される電流はほぼ一定であるが、 $250\mu\text{m}$ 以上離れると急激に減少する。実際には $220\mu\text{m}$ より離れると活性層に注入される電流は徐々に減少しはじめるが、 $250\mu\text{m}$ までは電流値は実質的に一定とみなすことができる。また、この現象（活性層が $250\mu\text{m}$ 以上離れると注入される電流が急激に減少するという現象）は、n層の抵抗値に起因して生じると考えられるが、通常、用いられるn層の抵抗値の範囲においては、変わらないことが確認されている。

【0016】上述の知見から次のことが言える。n型窒化ガリウム系化合物半導体層の上に、一方向に長い長方形の活性層及びp型窒化ガリウム系化合物半導体層を形成した場合であっても、n側オーミック電極からの距離を $250\mu\text{m}$ 以内とすれば、活性層全体にほぼ均一に電流を注入することができる。具体的には、長方形の活性層及びp型窒化ガリウム系化合物半導体層の1つの長辺に沿って活性層及びp型窒化ガリウム系化合物半導体層と同じ長さのn側オーミック電極を形成し、そのn側オーミック電極と活性層及びp型窒化ガリウム系化合物半導体層の他の長辺との間の距離を $250\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $220\mu\text{m}$ 以下にすれば、活性層にほぼ均一に電流を注入することができる。本実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子は、上述の考えに基いて構成されたものである。

【0017】詳細に説明すると、実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子の発光素子1, 2, 3において、各半導体層及び電極はそれぞれ以下のように形成される。

(1) n型窒化ガリウム系化合物半導体層12 (n層12) は、例えば、サファイアからなる基板11上のほぼ全面に成長されたn型窒化ガリウム系化合物半導体層が分離溝41により分離されて、平面形状が長方形になるように形成される。ここで、本実施の形態1において、n型窒化ガリウム系化合物半導体層12 (n層12) は、好ましくは、図4に示すように、サファイア基板1

1上に形成された膜厚1.5 μm のアンドープGa_{0.9}N層121、膜厚2.2 μm のSiドープGa_{0.9}N層122、膜厚3000 ÅのアンドープGa_{0.9}N層123、膜厚300 ÅのSiドープGa_{0.9}N層124、膜厚50 ÅのアンドープGa_{0.9}N層125、多層膜層126の積層構造とする。このようにn層12を上記積層構造とすることにより、順方向電圧V_fを低くできかつ発光効率を良くできる。尚、多層膜層126は、好ましくは、アンドープGa_{0.9}Nよりなり膜厚40 Åの第1の層と、アンドープIn_{0.13}Ga_{0.87}Nよりなり膜厚20 Åの第2の層を交互にそれぞれ10層になるように積層することにより構成する。

【0018】また、本実施の形態1の積層構造のn層12全体としての抵抗率は、実質的には膜厚2.2 μm のSiドープGa_{0.9}N層122により決まり、本実施の形態1においてはこの層122の抵抗率を5.5~7.2 $\times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ の範囲でかつ膜厚が2.0 μm 以上に設定することが好ましく、このようにすると発光層10全体により均一に電流を注入することができ、より均一な発光が得られる。尚、Ga_{0.9}N層において、3 $\times 10^{18}$ ~6 $\times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の範囲でSiをドープすることにより、抵抗率が5.5~7.2 $\times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ の範囲のSiドープGa_{0.9}N膜を構成できる。

【0019】(2) 活性層10は、n層12とほぼ同一の長さとな層12より狭い幅を有する長方形であって、その1つの長辺がn層12の1つの長辺に実質的に一致するようにn層12上に形成される。このように形成することにより、n層12上に活性層10に沿ってn側オーミック電極を形成するための領域が確保される。ここで、本実施の形態1では、活性層10の幅は、n側オーミック電極から離れた側に位置する長辺とn側オーミック電極との距離L₁、L₂、L₃が220 μm になるように設定した。また、本実施の形態1において、活性層10はGa_{0.9}Nの一部をInで置き換えたIn_xGa_{1-x}N層により構成することができる。また、活性層10は、In_xGa_{1-x}N層を少なくとも1層含むように構成することもできる。このようにすると、In_xGa_{1-x}N層におけるInの含有量を変化させることにより発光波長を変えることができる。

【0020】(3) n側オーミック電極14 (14a) は、活性層10とほぼ同一の長さを有し、n層12上に、活性層10に沿ってかつ活性層10と近接して形成される。このn側オーミック電極14と活性層10との間の間隔は、製造上の制約により10~20 μm に設定されるが、本発明においては間隔を10 μm 以下にすることが好ましく、このようにすると、均一に電流を注入することができる幅を大きくすることができる。すなわち、n側オーミック電極14と活性層10との間隔を20 μm にすると、均一に電流を注入することができる活性層の幅は最大で200 μm であるが、n側オーミック

電極14と活性層10との間隔を5 μm にすると、均一に電流を注入することができる活性層の幅は最大で215 μm にできる。また、n側オーミック電極14 (14a) は、n層12とのオーミック接触を良好にするために、WとAlを含む層とすることが好ましく、さらに好ましくは、W層 (200 Å)、Al層 (1000 Å)、W層 (500 Å)、Pt層 (3000 Å)、Ni層 (60 Å) を順次積層することにより形成する。

【0021】(4) p型窒化ガリウム系半導体層13は、活性層10と同一平面形状を有し活性層10上に重ねて形成される。実際には、活性層10及びp型窒化ガリウム系半導体層13は、n層12上に活性層10及びp層13を重ねて形成した後、n側オーミック電極14を形成するn層12表面を露出させるために一括してエッチングすることにより形成する。尚、本実施の形態1では、p型窒化ガリウム系半導体層13は1500 Åの厚さに形成した。

【0022】(5) p側オーミック電極15は、p型窒化ガリウム系半導体層13上のほぼ全面に形成され、p層13と良好なオーミック接触を得るために、Ni層とPt層とを積層することにより構成することが好ましく、より好ましくは、Ni層100 ÅとPt層500 Åを積層することにより構成する。

【0023】(6) そして、pパッド電極16 (16a) は、例えば、膜厚3000 ÅのPtからなり、p側オーミック電極15上において、n側オーミック電極14とは離れた側に位置するp側オーミック電極15の長辺に沿って形成される。

【0024】さらに、本実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子において、上述のように構成された発光素子1、2、3は、絶縁保護膜17により素子間が分離され、接続電極21により以下のように接続される。絶縁保護膜17は、各発光素子のpパッド電極16 (16a) 上及びn側オーミック電極14 (14a) 上を除いて素子全体を覆うように形成される。接続電極21は、発光素子1のn側オーミック電極14a上、分離溝41に形成された絶縁膜17上及び発光素子2のp側オーミック電極16a上に連続して間の形成され、これにより、発光素子1のn側オーミック電極14aと発光素子2のp側オーミック電極16aが接続される。また、接続電極21は、発光素子2と発光素子3との間においても同様に形成され、これにより、発光素子2のn側オーミック電極14aと発光素子3のp側オーミック電極16aが接続される。接続電極21は、Pt又はAu等、種々の金属で構成することができるが、p及びnパッド電極との密着性を良好にするために、Ti (例えば、400 Å)、Pt (例えば、6000 Å)、Au (例えば、1000 Å)、Ni (例えば、60 Å) を順に積層した構造とすることが好ましい。

【0025】尚、本実施の形態1ではさらに、発光素子

1のpパッド電極16上に接続電極21と同様の材料からなる外部接続用電極26が形成され、発光素子3のnパッド電極14上に接続電極21と同様の材料からなる外部接続用電極24が形成される。

【0026】以上のように構成された実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子の各発光素子1, 2, 3において、活性層10を長方形に形成し、活性層10の一方の長辺に沿って近接するようにn側オーミック電極を形成し、活性層10の他方の長辺とn側オーミック電極との距離 L_1 , L_2 , L_3 を $220\mu\text{m}$ に設定しているので、活性層10全体に略均一に電流を注入することができる。このように構成したことにより、本実施の形態1の集積型窒化物半導体素子は、各発光素子1, 2, 3の活性層10全体に渡って均一に発光させることができるので、各発光素子における発光効率を高くすることができ、全体としての発光効率をよくできる。

【0027】また、本実施の形態1の集積型窒化物半導体素子においては、一方向のみに互いに平行な分離溝41を形成することにより各素子を分離しているため、格子状に溝を形成して各素子を分離した従来例に比較して、基板11全体の面積に対する分離溝41の占める面積の割合を少なくすることができる。これにより、集積型窒化物半導体素子の全体の面積に対する活性層10が占める面積（発光素子1, 2, 3の活性層10を合計した面積）の割合を増加させることができ、発光効率を向上させることができる。

【0028】実施の形態1の変形例。本変形例の集積型窒化物半導体発光素子は、素子の静電耐圧特性を良くするために、SiドープGaN層122を4.2 μm になるように形成し、かつp層13を3500Åの厚さになるように形成した以外は、実施の形態1と同様に構成される。以上のように構成された変形例の集積型窒化物半導体発光素子は、実施の形態1と同様、活性層10全体に均一に電流を注入することができ、均一でかつ発光効率の良好な素子とできる。また、本変形例の集積型窒化物半導体発光素子は、SiドープGaN層122及びp層13をそれぞれ実施の形態1に比較して厚くしているので、実施の形態1の素子に比較して静電耐圧を向上させることができる。

【0029】実施の形態2。次に、本発明に係る実施の形態2の集積型窒化物半導体発光素子について、図5を参照しながら説明する。本実施の形態2の集積型窒化物半導体発光素子は、以下の点で実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子と異なる。

相違点1。実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子において、接続電極21及び外部接続電極24, 26を形成することなく、素子全体を覆うように絶縁保護膜30を形成し、発光素子1, 2, 3のpパッド電極上にそれぞれ絶縁保護膜30を貫通するスルーホール61を形成し、発光素子1, 2, 3の各n側オーミック電極上に

それぞれ絶縁保護膜30を貫通するスルーホール62を形成する。

【0030】相違点2。絶縁保護膜30に形成されたスルーホール61を介して、発光素子1, 2, 3のpパッド電極間を互いに接続電極51で接続する。

相違点3。絶縁保護膜30に形成されたスルーホール62を介して、発光素子1, 2, 3のn側オーミック電極間を互いに接続電極52で接続する。以上の相違点1, 2, 3以外は、実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子と同様に構成する。すなわち、実施の形態2の集積型窒化物半導体発光素子は、実施の形態1の素子において発光素子1, 2, 3を並列に接続したものである。以上のように構成された実施の形態2の集積型窒化物半導体発光素子は、実施の形態1と同様、発光効率を向上させることができる。

【0031】以上の実施の形態1, 2では、発光素子が3つの場合について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、2つの発光素子を用いて構成した物であっても良いし、3以上の発光素子で構成した物であってもよい。

【0032】また、実施の形態1, 2では、最も好ましい例として、活性層10（p層13）の外側の長辺とn側オーミック電極との距離 L_1 , L_2 , L_3 を $220\mu\text{m}$ に設定した場合について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、 $250\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $220\mu\text{m}$ 以下に設定すればよい。

【0033】

【実施例】以下、本発明に係る実施例を示す。尚、本発明はこれに限定されるものではない。

【実施例1】

（基板11）サファイア（C面）よりなる基板11をMOVPEの反応容器内にセットし、水素を流しながら、基板の温度を 1050°C まで上昇させ、基板のクリーニングを行う。この基板11としては他にR面、A面を主面とするサファイア基板、スピネル（ MgAl_2O_4 ）のような絶縁性基板などでもよい。

【0034】（n型窒化ガリウム系化合物半導体層12）基板をクリーニング後、n型窒化ガリウム系化合物半導体層12を次の構成で成長させる。基板の温度を 510°C まで下げ、基板11上にGaNよりなるバッファ層を 100\AA 成長させる。次にバッファ層成長後、温度を 1050°C まで上昇させ、アンドープGaN層121を1.5 μm の膜厚で成長させる。続いて 1050°C で、Siを $4.5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたGaN層122を2.2 μm の膜厚で成長させる。

【0035】続いて 1050°C で、アンドープGaN層123を 3000\AA の膜厚で、さらにSiを $4.5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドープしたGaN層124を 300\AA 、さらにアンドープGaN層125を 50\AA の膜厚で成長させる。続いて同様の温度で、アンドープGaNよりなる

第1の層を40Å、温度を800℃にして、続いてアンドープIn_{0.13}Ga_{0.87}Nよりなる第2の層を20Åの膜厚で成長させ、これらの操作を繰り返し、第1+第2+の順で交互に10層ずつ積層させ、最後に第1の層を積層させた、n型多層膜層126を成長させる。

【0036】(活性層13) 次にn型窒化ガリウム系化合物半導体層12を成長後、アンドープGa_{0.7}Nよりなる障壁層を200Åの膜厚で成長させ、続いて温度を800℃にして、Siを $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ ドープしたIn_{0.3}Ga_{0.7}Nよりなる井戸層を30Åの膜厚で成長させる。そして障壁+井戸+障壁+井戸・・・の順で障壁層を6層と、井戸層5層を交互に積層して、総膜厚1350Åの多重量子井戸よりなる活性層13を積層させる。

【0037】(p型窒化ガリウム系化合物半導体層14) 活性層13成長後、p型窒化ガリウム系化合物半導体14を次の構成で成長させる。次に1050℃で、Mgを $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープしたp型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nよりなる第3の層を25Åの膜厚で成長させ、続いてアンドープGa_{0.7}Nよりなる第4の層を25Åの膜厚で成長させ、これらの操作を繰り返し、第3+第4の順で交互に4層ずつ積層した超格子よりなるp型多層膜層を200Åの膜厚で成長させる。続いて1050℃で、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたp型Ga_{0.7}Nよりなる層を2700Åの膜厚で成長させる。反応終了後、温度を室温まで下げ、窒素雰囲気中で700℃でアニーリングを行い、p型層をさらに低抵抗化する。

【0038】以上のようにして窒化ガリウム系化合物半導体を成長させたウエハーを反応容器から取り出し、分離溝を形成する部分を除きウエハー全体にSiO₂マスクを形成し、RIEによって、サファイア基板に到達するまでエッチングを行うことにより分離溝を形成する。さらに分離溝の形成に用いたSiO₂マスクを剥離し、n型窒化ガリウム系化合物半導体層12を露出するために、露出させる部分を除くp型窒化ガリウム系化合物半導体層14の上にSiO₂マスクを形成し、RIEによって、エッチングを行い、n型窒化ガリウム系化合物半導体層12(SiドープGa_{0.7}N層122)の表面を露出させる。

【0039】次にp型窒化ガリウム系化合物半導体層14のほぼ全面を開口させ、他の部分を覆うようにレジスト塗布し、開口させたp型窒化ガリウム系化合物半導体層上にNiを100Å、Ptを500Å積層後、アニールしてp側オーミック電極15を形成する。さらにp側オーミック電極の一部にPtを3000Å、Niを60Åからなるp側パッド電極16a(16)を形成する。次にレジストを除去し、今度はn型窒化ガリウム系化合物半導体層上にWを200Å、Alを1000Å、Wを500Å、Ptを3000Å、Niを60Åの順で積層したn側オーミック電極14を形成する。

【0040】次に全面にSiO₂よりなる絶縁保護膜17を1.5μmの膜厚で形成し、p側パッド電極とn側オーミック電極の一部をRIEにより露出させる。さらに表面に接続電極を形成する部分を開口させるようにマスク形成して分離溝を挟むp側パッド電極とn側オーミック電極とを電気的に接続する接続電極として、Tiを400Å、Ptを6000Å、Auを1000Å、Niを60Åの膜厚で形成する。最後にSiO₂からなる絶縁保護膜30を1.5μmの膜厚で形成し、外部と電気的に接続できるように接続電極24、26上の絶縁保護膜30をRIEでエッチングすることにより除去して集積型窒化物半導体素子を完成させる。

【0041】以上のような工程で、1000μm×1000μmの基板上に3つの窒化物半導体素子が直列に接続された図1の素子を作製したところ、動作電圧が10.5V、従来の300μm×300μm(動作電圧3.5V)と同等の発光効率を示し、かつ各素子においてほぼ均一な発光が得られた。この素子は、動作電圧が10.5Vであるために、抵抗等の制御装置を介することでバッテリー電源(12V)での使用が可能になる。

【0042】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明に係る集積型窒化物半導体発光素子は、上記p層の一方の長辺と上記n側オーミック電極との間隔を250μm以下に設定しているので、各発光素子の活性層全体にほぼ均一に電流を注入することができ、均一に発光させることができ、各発光素子における発光効率を良好にできる。また、本発明に係る集積型窒化物半導体発光素子においては、均一発光及び発光効率を劣化させることなく、各発光素子を一方向(長手方向)に十分長くすることができるので、発光面積を大きくできかつ発光効率を高くできるので、大面積でかつ発光効率の良い窒化物半導体発光素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る実施の形態1の集積型窒化物半導体発光素子の平面図である。

【図2】 図1のA-A'線についての部分断面図(発光素子1, 2の部分)である。

【図3】 図1のA-A'線についての部分断面図(発光素子3の部分)である。

【図4】 n型窒化ガリウム系化合物半導体層の積層構造を示す断面図である。

【図5】 本発明に係る実施の形態2の集積型窒化物半導体発光素子の平面図である。

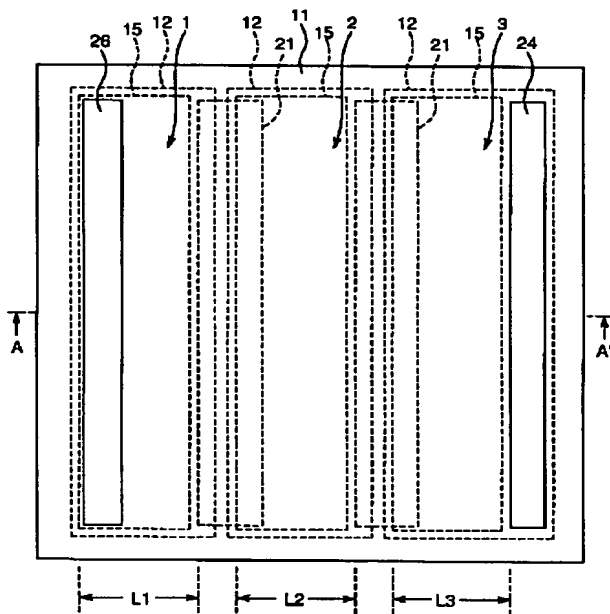
【符号の説明】

- 1, 2, 3...発光素子、
- 10...活性層、
- 11...サファイア基板、
- 12...n型窒化ガリウム系化合物半導体層、
- 13...p型窒化ガリウム系半導体層、

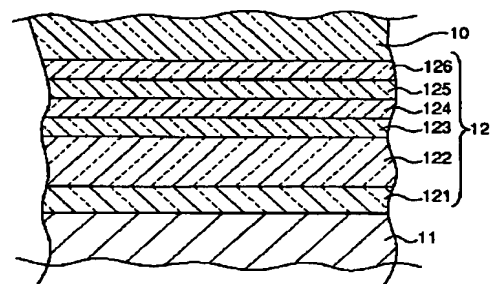
14, 14a...n側オーミック電極、
 15...p側オーミック電極、
 16, 16a...pパッド電極、
 17...絶縁保護膜、
 21, 51, 52...接続電極、
 24, 26...外部接続電極、
 30...絶縁保護膜、
 61, 62...スルーホール、

41...分離溝、
 121...アンドープGaN層、
 122...SiドープGaN層、
 123...アンドープGaN層、
 124...SiドープGaN層、
 125...アンドープGaN層、
 126...多層膜層。

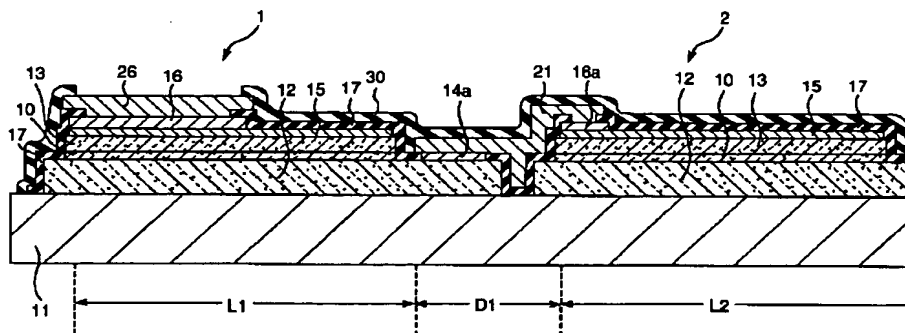
【図1】



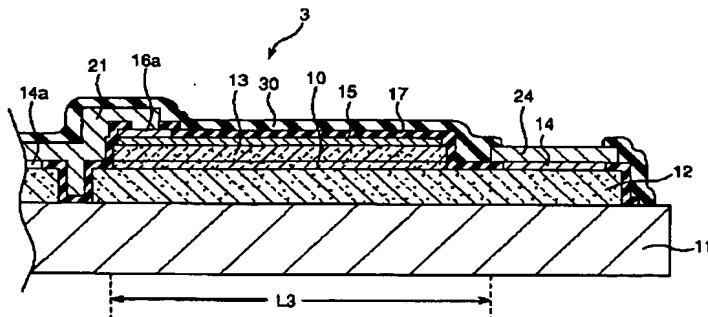
【図4】



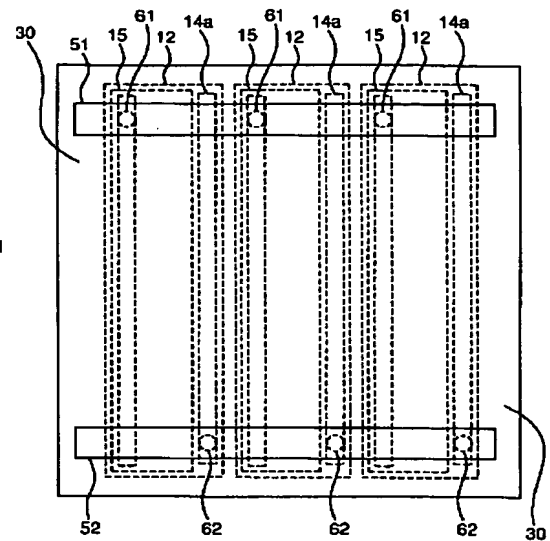
【図2】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(72) 発明者 仁木 勇
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化
学工業株式会社内
(72) 発明者 庄野 博文
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化
学工業株式会社内

(72) 発明者 若木 貴功
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化
学工業株式会社内
(72) 発明者 森 誠一郎
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化
学工業株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA05 CA34 CA40 CA46
CA57 CA65 CA73 CA82 CA92
CB23